

Korean Registered Patent No. 10-0192801

ABSTRACT

The present invention relates to a Reed Solomon decoder for error-corrected decoding of a digital data transmitted after error-correction coding, and particularly, to a measuring circuitry the Reed Solomon decoder that measures the number of bits generating an error in order to monitor the current channel state. According to the present invention, comprising: an error bit inspecting unit 31 which compares the received bit with the error-corrected bit by unit of a predetermined symbol and if the bits are the same, outputs a first level signal and if the two bits are not the same, outputs a second level signal; an error bit counting unit 32 which outputs the number of the first error bit (ERR_NUM1) generated during a predetermined code word unit by counting a second level output signal of said error bit inspecting unit 31; and a unit of calculating the number of error bits 33 which calculates and outputs the number of the second error bit generated during a predetermined inspecting period by inputting the number of said first error bit (ERR_NUM1) of said error bit counting unit 32, there is an effect for manufacturing a simple hardware structure by comparing the received symbol with the error-corrected symbol per bit, increasing the counter when they are different, and measuring the number of the error bits.

Technical field of the present invention and the conventional art

The present invention relates to a Reed Solomon decoder for error-corrected decoding of a digital data transmitted after error-correction coding, and particularly, to a device of measuring a bit error rate of a Reed Solomon decoder having a simple hardware structure by comparing the received signal with the error-corrected signal per bit and counting the number of bits generating error in order to monitor the current channel state.

However, if a Reed Solomon code having an error correction capacity up to t is transmitted through a fading communication channel and generates the error more than $t+1$, the error-corrected code word $c(x)$ becomes a data that cannot be reliable. Accordingly, if it may be known that how much error would be generated under the currently used fading communication channel, more exact data may be received by adopting a code having the error correction capacity suitable for the channel and a proper sending/receiving power.

As mentioned in the above, the Bit Error Rate (BER) is defined and used as a standard of judgement that can know the state of the communication channel. A BER is a rate of the number of the received bits and the number of the mistakenly received bits. For instance, the BER is defined as the number of bits generating an error/the total number of received bits when there are "n" errors among the received bits after sending N bits.

Such device for monitoring the BER does not affect the capacity for decoding by being added to the decoder of the receiver itself, however, the conventional idea that the fading circumstance of the channel can be recognized and the device would easily be used for setting the synchronization in the next connected system has already been suggested.

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 2 is an entire block diagram of a Reed Solomon decoder having a bit error rate measurement device, which adds a bit error rate measurement unit 10 to the constitutional element of Fig. 1.

Said bit error rate measurement unit 10 calculates and outputs the number of the generated error bits (ERR_NUM) by comparing the received symbol outputted from said first in and out buffer 1 with an error-corrected symbol outputted from an error correction unit 7.

However, there was a problem that a specific hardware regarding a device for monitoring a bit error rate of a Reed Solomon decoder is not disclosed.

CLAIMS

1. A bit error rate measurement circuit of a Reed Solomon decoder installed to a Reed Solomon decoder error-correcting and restoring the Reed Solomon code wherein the error correction capacity is "t," comprising: an error bit inspecting unit 31 which compares a received bit with an error-corrected bit at a unit of a predetermined symbol, and if the bits are the same, outputs a first level signal and if the bits are not the same, outputs a second level signal; an error bit counting unit 33 which outputs the number of first error bits (ERR_NUM1) generated during a predetermined code word unit by counting a second level signal of said error bit inspecting unit 31; and the calculating unit 35 of the number of said error bit which calculates and outputs the number of the second error bits (ERR_NUM2) generated during a predetermined inspecting period by inputting the number of said first error bits (ERR_NUM1) generated during a predetermined code word unit in monitoring the number of the error bits generated during the transmission.

10-0192801

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ H03M 13/00	(45) 공고일자 1999년06월15일 (11) 등록번호 10-0192801 (24) 등록일자 1999년01월29일
(21) 출원번호 10-1996-0049690 (22) 출원일자 1996년10월29일	(65) 공개번호 특1998-0030310 (43) 공개일자 1998년07월25일

(73) 특허권자 대우전자주식회사 전주법
(72) 발명자 서울시 중구 남대문로5가 541
임응희
(74) 대리인 서울특별시 도봉구 창1동 주공(마) 322동 703호
전천웅

심사관 : 김종표

(54) 리드 슬로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로

요약

본 발명은 에러 정정 부호화되어 전송된 디지털 데이터를 에러 정정 복호화하는 리드 슬로몬 디코더에 관한 것으로, 특히 현재 채널 상태를 모니터링할 수 있도록 에러가 발생한 비트 수를 측정하는 리드 슬로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로에 관한 것으로서, 소정의 심벌단위로 수신 비트와 에러 정정된 비트를 비교하여 비트가 동일하면 제 1 레벨 신호를, 두 비트가 동일하지 않으면 제 2 레벨 신호를 출력하는 에러 비트 검사부(31)와; 상기 에러 비트 검사부(31)의 제 2 레벨 출력신호를 카운팅하여 소정의 코드 워드 단위동안 발생한 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)를 출력하는 에러 비트 카운팅부(32); 및 상기 에러 비트 카운팅부(32)의 상기 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)를 입력받아 소정의 검사 주기동안 발생한 제 2 에러 비트수(ERR_NUM2)를 계산하여 출력하는 상기 에러 비트수 계산부(33)로 구성된 본 발명에 따르면, 수신 심벌과 에러정정된 심벌의 각 비트별로 비교하여 다른 비트일 때 카운터를 증가시켜서 에러 비트수를 측정하도록 하여 간단한 하드웨어 구조로 제작하는 효과가 있다.

도표도

도3

발명서

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 리드 슬로몬 디코더의 전체 구성도,

도 2는 본 발명에 따른 비트 에러를 측정 회로를 구비한 리드 슬로몬 디코더의 전체 구성도,

도 3은 도 2의 비트 에러를 측정 회로에 대한 구성도,

도 4는 도 3의 비트 에러를 측정 회로에 대한 실시예이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 31 : 에러 비트 검사부 | 31-1 : 제 1 카운터 |
| 31-2 : 제 1 반전 게이트 | 31a~31h : 배타 논리합 게이트 |
| 31-3 : 제 1 멀티플렉서 | 32 : 에러 비트 카운팅부 |
| 32-1 : 제 2 카운터 | 32-2 : 제 2 반전 게이트 |
| 32-3 : 룬 | 32-4 : 제 1 논리곱 게이트 |
| 32-5 : 제 2 멀티플렉서 | 33 : 에러 비트수 계산부 |
| 33-1 : 가산기 | 33-2 : 레지스터 |
| 33-3 : 제 3 반전 게이트 | 33-4 : 제 2 논리곱 게이트 |
| 33-5 : 제 3 논리곱 게이트 | |

발명의 상세한 설명

발명의 목적

오류가 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 여러 정정 부호화(error correcting coding, error control coding : 이하 ECC라 칭함)되어 전송된 디지털 데이터를 여러 정정 복호화하는 리드 솔로몬 디코더에 관한 것으로, 특히 현재 채널 상태를 모니터링할 수 있도록 수신 신호와 여러정정된 신호를 비트별로 비교하여 에러가 발생한 비트 수를 카운팅 하므로써 간단한 하드웨어 구조를 갖는 리드 솔로몬 복호기의 비트 에러를 측정 장치에 관한 것이다.

일반적으로, 디지털 데이터를 통신 채널을 통해 전송하거나 저장 매체에 저장 시에 발생하는 에러를 검출·정정하기 위해 검사 데이터를 부가하여 부호화하게 된다.

이것을 여러 정정 부호화(ECC)라 하며, 그 종류로는 정보 시퀀스를 몇개의 심볼로 이루어진 블록으로 구분한 다음 블록 단위로 부호화하는 블록 코드(block code)와, 정보 시퀀스의 입력순서에 따라 부호화하는 난블록 코드(nonblock code)로 나뉘어진다.

블록 코드의 대표적인 예로는 BCH 코드(Bose and Ray-Chaudhuri and Hocquenghem code)를 들 수 있으며, 지금까지 알려진 가장 유효한 랜덤 여러 정정 코드로서 간주된 BCH 최적 코드로서 리드 솔로몬 코드(Reed Solomon code)를 들 수 있다.

리드 솔로몬 코드는 K개의 정보 심볼 및 N-K(=2t)개의 검사 심볼로 구성된 코드로서, 여기서, N개의 심볼들은 갈로아체 필드(Galois field) GF(2ⁿ)라 불리는 유한체의 2ⁿ개 원소들이다.

여기서, 갈로아체 필드 GF(2ⁿ)는 2ⁿ개의 원소를 갖는 수체계(number system)로서, 이러한 수체계를 하드웨어로 구현하게 되면 각 원소들이 모두 n개의 바이너리 디지털(binary digit)로 표현될 수 있기 때문에 디지털 구조에 효과적일 뿐만 아니라 오버 플로워도 발생하지 않는 장점을 가지고 있다.

리드 솔로몬 코드의 갈로아체 필드 상의 코드 발생 다항식 g(x)이 연속하는 2t 개의 근을 가진다면 t 개까지의 에러를 정정할 수 있는 능력을 가진다. 그리고, 코드 발생 다항식은 일반적으로 하기 수학적 1a 또는 수학적 1b와 같이 나타낸다.

$$g(x) = (x + \alpha^0)(x + \alpha^1)0f0f0f0f0f(x + \alpha^{2t-1})$$

$$g(x) = (x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \cdots (x + \alpha^{2t})$$

상기 수학적 1에서, α 는 갈로아체 필드 GF(2ⁿ)의 원소이며, 코드 발생다항식이 정해지면 피드백 시프트 레지스터를 이용하여 코드를 부호화하고, 그 부호어는 t개까지의 에러를 정정할수 있게 된다.

따라서, 리드 솔로몬 코드는 통신 및 컴퓨터 기억 시스템 등에 폭 넓게 사용될 뿐만 아니라 재밍(Jamming)에 대항하기 위한 방법으로서 비밀 통신 시스템에서 사용되기도 한다.

상기와 같이 갈로아체 필드 GF(2ⁿ) 상의 코드를 가지는 리드 솔로몬 코드는 정보와 패리티(parity)가 섞이지 않는 계통적 코드(systematic code)와 정보와 패리티(parity)가 섞이는 비계통적 코드(nonsystematic code)로 분류된다.

상기 계통적 코드는 정보와 패리티가 섞이지 않도록 우선 정보를 상위 바이트로 이동시킨 다음 여러 정정용 코드를 구하여 더한 것으로, 수학적 2로부터 구해진다.

$$c(x) = x^{N-K} i(x) + t(x)$$

상기 수학적 2에 있어서, 상기 c(x)는 송신 코드워드 다항식이고, i(x)는 정보 다항식이며, t(x)는 여러 정정용 패리티의 다항식이다. 즉, 정보와 패리티를 섞이지 않게 정보 신호i(x)를 2^{N-K} 차만큼 상위 바이트로 이동시킨 다음, 2^{N-K} i(x) + t(x) = 0 을 만족하는 패리티 t(x)를 구한다.

여기서, $x^{N-K} \cdot c(x) = 0$ 을 만족하는 패리티 $t(x)$ 는 수학식 3 으로부터 구할 수 있다.

$$R_{g(x)}[c(x)] = R_{g(x)}[x^{N-K}i(x)] + R_{g(x)}[t(x)] = R_{g(x)}[x^{(N-K)}i(x)] + t(x) = 0$$

$$\therefore t(x) = -R_{g(x)}[x^{(N-K)}i(x)]$$

상기에 있어서 $x^{N-K} \cdot c(x)$ 는 코드워드 다항식 $c(x)$ 를 코드 발생 다항식 $g(x)$ 로 나눈 나머지 값을 의미한다.

즉, 상기 패리티 $t(x)$ 를 구하기 위해서는 $x^{N-K} \cdot c(x)$ 를 코드 발생 다항식 $g(x)$ 로 나누는 과정을 수행하여야 하며, 이러한 과정은 시프트레지스터를 코드 발생 다항식 $g(x)$ 에 따라 연결하여 구현할 수 있다.

그리고, 상기 비계통적 코드는 수학식 4 와 같이 단순히 정보 $i(x)$ 에 코드 발생 다항식 $g(x)$ 를 곱해 주므로써 정보와 패리티가 섞여 코드화를 이룬다.

$$c(x) = i(x) \times g(x)$$

상기 수학식 4에서 $c(x)$ 는 $N-1$ 차의 코드워드 다항식이고, $i(x)$ 는 $K-1$ 차의 정보 다항식, $g(x)$ 는 $N-K$ 차의 코드 발생 다항식이다.

상기 코드 발생 다항식 $g(x)$ 은 코드워드 다항식 $c(x)$ 를 만들어 내기 위해 정보 다항식 $i(x)$ 에 곱해지는 것으로, 이러한 코드 발생 다항식 $g(x)$ 을 수학식 5 와 같이 연속적인 2개의 근을 가지도록 정하면 2개의 에러를 정정할 수 있다.

$$g(x) = (x - \alpha)(x - \alpha^2) \dots (x - \alpha^{2t})$$

상기와 같은 방법으로 리드 솔로몬 부호화된 디지털 데이터를 리드 솔로몬 복호화하는 방법은 크게 주파수 영역 복호화와 시간 영역 복호화로 나뉘어지며, 상기 시간 영역에서 리드 솔로몬 복호화하는 과정은 다음과 같이 크게 3 단계로 이루어진다.

(1) 신드롬 계산

수신 코드워드 다항식 $r(x)$ 는 수학식 6 과 같이 코드워드 다항식 $c(x)$ 과 전송 중에 발생된 에러 다항식 $e(x)$ 를 더한 값으로 표현될 수 있다.

$$r(x) = c(x) + e(x)$$

따라서, 하기 수학식 7a 과 같이 수신 코드워드 다항식 $r(x)$ 에 코드 발생 다항식 $g(x)$ 의 근 $\alpha^0 \sim \alpha^{2t-1}$ 을 차례대로 대입함으로써 전송 중에 에러가 발생되었는지를 알 수 있는 것이다.

$$S_0 = r(\alpha^0) = c(\alpha^0) + e(\alpha^0)$$

$$S_1 = r(\alpha^1) = c(\alpha^1) + e(\alpha^1)$$

$$S_{2r-1} = r(\alpha^{2r-1}) = c(\alpha^{2r-1}) + e(\alpha^{2r-1})$$

또한, 상기 수학식 7a의 신드롬 계산식은 하기 수학식 7b와 같이 리커시브한 형태로 표현될 수 있다.

$$S_i = \sum_{j=0}^{N-1} r_j \alpha^{(i+j)} = \{[(r_{N-1} \alpha^i + r_{N-2}) \alpha^i + r_{N-3}] \alpha^i + 0/0/0/r_1\} \alpha^i + r_0$$

상기 수학식 7에서 수신 코드워드 $r(x)$ 에 코드 발생 다항식 $g(x)$ 의 근 α^i 를 대입하여 구한 신드롬은, 에러가 발생되지 않았다면, 나머지가 남지 않게 되고, 에러가 발생되었다면, $e(\alpha^i)$ 값에서 나머지가 존재하게 된다.

즉, 신드롬을 이용하여 에러 위치 및 에러값을 구할 수 있게 되는 것이다.

(2) 에러 위치 다항식 계산(finding error location)

Berlekamp-Massey 알고리즘 또는 Euclid 알고리즘으로부터 에러 위치 다항식의 계수를 계산한다. 상기 알고리즘에 의해 구해진 에러 위치 다항식을 $\sigma(X)$ 라 하면 에러 정정 능력이 t 인 리드 솔로몬 코드에서는 수학식 8 과 같이 최고 t 차 이하의 다항식을 얻게 된다.

$$[\sigma(X)] = [\sigma_0 + [\sigma_1 X + [\sigma_2 X^2 - 0/0/0/0/0 - 0 \sigma_3 X^3 = 1 + [\sigma_1 X + [\sigma_2 X^2 + 0/0/0/0/0 + [\sigma_3 X^3$$

상기 수학식 8의 에러 위치 다항식의 최고차 는 에러가 발생한 심볼의 개수를 의미하는 것으로서, 만약 최고차가 5라면 5개의 심볼에서 에러가 발생했다는 것을 의미한다.

(3) 에러값 계산 및 정정

(3-1) 에러 평가 다항식 $\omega(X)$ 의 계수를 하기 수학식 9a 를 이용하여 계산한다.

$$\sigma(X)S(X) = \omega(X) \mod X^{2t}$$

상기 수학식 9a에 있어서, $\sigma(X)$ 는 에러 위치 다항식이고, $S(X)$ 는 신드롬 다항식이다.

상기 수학식 9a를 통해 구해진 계수를 갖는 에러 평가 다항식은 하기 수학식 9b와 같이 최고차 t 차 이하의 다항식이 얻어진다.

$$\Omega(x) = \sum_{i=0}^l \Omega_i X^i$$

$$= 1 + (S_1 + \sigma_1)X + (S_2 + \sigma_1 S_1 + \sigma_2)X^2 + \dots + (S_l + \sigma_1 S_{l-1} + \dots + \sigma_l)X^l$$

(3-2) 평가 진행(evaluation procedure)

$GF(2^m)$ 의 원소를 $\alpha^0, \alpha^1, \dots, \alpha^{m-1}$ 를 여러 평가 다항식 $\Omega(X)$, 여러 위치 다항식 $\sigma(X)$, 여러 위치 다항식을 미분한 여러 위치 미분 다항식 $\sigma'(X)$ 에 각각 대입하여 그 평가값을 구하며, 그 평가값들을 구하는 과정을 평가 진행이라 한다.

(3-3) 상기 (3-2)과정에서 얻어진 평가값들을 이용하여 하기 수학적 10 과 같이 여러값 $e_i(x)$ 를 계산한다.

$$e_i = \alpha^i \frac{\Omega(\alpha^{-i})}{\sigma'(\alpha^{-i})}$$

상기 수학적 10은 포니 알고리즘(Forney algorithm)을 이용하여 얻어진 것이다.

(3-4) 여러 정정

상기와 같이 여러값 $e_i(x)$ 를 구한 다음 하기 수학적 11 을 이용하여 원래의 송신 코드워드 다항식 $c(x)$ 를 구하는 것이다.

$$c_i'(x) = r_i(x) + e_i(x)$$

$$c_i''(x) = (c_i(x) + e_i(x)) + e_i(x)$$

$$c_i'''(x) = c_i(x) + (e_i(x) + e_i(x))$$

$$c_i''(x) = c_i(x)$$

$$(\because e_i(x) + e_i(x) = 0)$$

갈로아체 특성상 같은 값을 더하면 $e(x) + e(x) = 0$ 이 되는 것이다.

한편, 상기에 기술한 과정들이 진행되는 리드 솔로몬 복호화 방법은 하드웨어로 구현한 일반적인 리드 솔로몬 디코더에 대한 전체 블록도를 도 10에 도시하였다.

도 10에 도시된 바와 같이, 리드 솔로몬 디코더는 선입선출버퍼부(1)와, 신드를 계산부(3), 여러 위치 다항식 계산부(5), 여러 정정부(7), 및 제어부(9)로 구성되어 있다.

상기 선입선출버퍼부(1)는 리드 솔로몬 부호화된 수신 신호 $r(x)$ 를 일시 저장하였다가 출력하고, 상기 신드 계산부(3)는 상기 수신 신호 $r(x)$ 로부터 신드를 S_i 를 계산하여 출력한다.

상기 에러 위치 다항식 계산부(5)는 상기 신드롬 S_i 를 입력받아 에러 위치 다항식 $\sigma(X)$ 를 계산하여 출력한다.

상기 에러 정정부(7)는 상기 신드롬 S_i 와 에러 위치 다항식 $\sigma(X)$ 의 계수 σ_{COEF} 및 수신 신호 $r(X)$ 를 입력받아 에러값 e_i 를 구하고, 발생한 에러를 정정하여 에러 정정된 신호 $c(X)$ 를 출력한다.

상기 제어부(9)는 상기 신드롬 계산부(3)와, 에러 위치 다항식 계산부(5), 및 상기 에러 정정부(7)를 각각 제어하는 제어부(9)를 포함하여 구성되어 있다.

대한민국 특허 출원 제 96-5445호, 제 96-5446호에 기재된 바와 같이, 상기 신드롬 계산부(3)에서는 수신 신호 $r(x)$ 를 입력받아 신드롬 S_i 를 계산하며, 이때 상기 신드롬 계산부(3)는 하나의 코드 워드 $r(x)$ 가 모두 입력되어야만 신드롬 계산이 완료된다.

대한민국 특허 출원 제 96-16009 호에 기재된 바와 같이, 상기 위치 다항식 계산부(5)는 Berlekamp algorithm이나 Euclid algorithm 등을 통하여 에러의 위치를 찾아낼 수 있는 다항식, 즉 에러 위치 다항식 $\sigma(X)$ 를 계산하고, 다항식의 최고차수 L 값을 에러 정정부(7)로 출력한다.

대한민국 특허 출원 제 96-15269호에 기재된 바와 같이, 상기 에러 정정부(7)는 상기 에러 위치 다항식 $\sigma(X)$ 와 상기 신드롬 계산부(3)에서 출력된 신드롬 S_i 으로부터 에러 평가 다항식 $\Omega(X)$ 를 구한 다음 상기 에러 평가 다항식 $\Omega(X)$ 으로부터 에러값 e_i 를 구하여 상기 선입선출버퍼(1)에서 출력된 수신 신호 $r(x)$ 에 더해줌으로써, 수신 신호 $r(x)$ 에 발생한 에러를 정정하여 에러 정정 복호화된 코드 워드 $c(x)$ 를 출력하는 것이다. 또한, 상기 에러 위치 다항식의 최고차수 L 값을 이용하여 에러 정정이 성공했는지 실패했는지를 알리는 복원 실패 신호(UNRECV_FLAG)를 출력한다.

그러나, 만약, t 개 까지의 에러 정정 능력을 갖는 리드 솔로몬 부호가 페이딩 통신 채널을 통해 전송되어 $t+1$ 개 이상의 에러가 발생하게 되면, 리드 솔로몬 디코더를 통해 에러 정정된 코드 워드 $c(x)$ 는 신뢰할 수 없는 데이터가 되는 것이다. 따라서, 현재 사용하는 페이딩 통신 채널하에서 얼마만큼의 에러가 발생할 것인지 알 수 있게 되면, 그 채널에 적합한 에러 정정 능력을 갖는 부호여야, 적당한 송수신 전력을 채택하여 보다 정확한 데이터를 수신할 수 있게 될 것이다.

이와같이 통신 채널의 상태가 어떠한가를 알아볼 수 있는 평가 기준으로 비트 에러율(BER : bit error rate)을 정의하여 사용한다. 비트 에러율(BER)이란, 송신 비트 수와 잘못 수신된 비트 수의 비로서, 예를

들어, N 비트가 송신된 후 수신된 비트 중 n 개의 에러가 발생한 경우에 $\frac{n}{N}$ (=에러가 발생한 비트/총 전송한 비트 수)으로 정의된다.

이러한 비트 에러율을 모니터링하는 장치는 수신측의 복호기에 추가되어 복호하는 자체의 성능에 어떤 영향을 주는 것은 아니지만, 채널의 페이딩 환경을 파악할 수 있고, 다음 연결된 시스템에서 용기를 맞추는데 용이하게 이용될 것이라는 통상의 개념은 이미 제시된 바 있다.

도 2는 비트 에러를 측정 장치가 구비된 리드 솔로몬 복호기의 전체 블록도로서, 도 1의 구성요소에 비트 에러를 측정부(10)가 추가되어 있다.

상기 비트 에러를 측정부(10)는 상기 선입선출버퍼(1)로부터 출력된 수신 심볼과 에러 정정부(7)로부터 출력된 에러 정정된 심볼을 입력받아 두 심볼을 비교하여 발생한 에러 비트 수(ERROR_NUM)를 계산하여 출력한다.

그러나, 리드 솔로몬 복호기의 비트 에러율을 모니터링하는 장치에 대한 구체적인 하드웨어에 대해서는 공개되어 있지 않은 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위하여 안출된 것으로, 수신 신호와 에러정정된 신호의 심볼 단위로 각각의 비트끼리 비교한 후, 동일하지 않는 비트의 개수를 카운터를 이용하여 측정하도록 하므로써, 간단한 하드웨어 구조를 갖는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로를 제공하는 데 그 목적이 있다.

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로는 소정의 심볼단위로 수신 비트와 에러 정정된 비트를 비교하여 비트가 동일하면 제 1 레벨값을, 두 비트가 동일하지 않으면 제 2 레벨값을 출력하는 에러 비트 검사부; 상기 에러 비트 검사부의 제 2 레벨값 출력신호를 카운팅하여 소정의 코드 워드 단위동안 발생한 에러 비트 수를 출력하는 에러 비트 카운팅부; 상기 에러 비트 카운팅부의 출력값을 입력받아 소정의 검사 주기동안 발생한 에러비트수를 계산하여 출력하는 에러 비트수 계산부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

상기와 같은 구성을 통하여서 원래 수신된 심볼과 디코더를 통해 에러 정정된 심볼을 비교하여 동일하지 않는 비트의 개수를 카운팅하도록 하여 소정의 주기 동안 발생한 총 비트 에러율을 구할 수 있게 되므로써, 간단한 하드웨어로 리드 솔로몬 복호기의 비트 에러를 측정 회로를 구현할 수 있는 것이다.

발명의 구성 및 작용

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 자세히 설명하기로 한다.

도 3은 본 발명에 따른 비트 에러를 측정 회로에 대한 구성도로서, 본 발명의 비트 에러를 측정 회로는 에러 비트 검사부(31)와, 에러 비트 카운팅부(32), 및 에러 비트수 계산부(33)로 구성되어 있다.

상기 에러 비트 검사부(31)는 소정의 심볼단위로 수신 비트와 에러 정정된 비트를 비교하여 비트가 동일

하면 제 1 레벨 신호를, 두 비트가 동일하지 않으면 제 2 레벨 신호를 출력한다.

상기 에러 비트 카운팅부(32)는 상기 에러 비트 검사부(31)의 제 2 레벨 출력신호를 카운팅하여 소정의 코드 워드 단위동안 발생한 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)를 출력한다.

상기 에러 비트수 계산부(33)는 상기 에러 비트 카운팅부(32)의 상기 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)를 입력받아 소정의 검사 주기동안 발생한 제 2 에러 비트수(ERR_NUM2)를 계산하여 출력한다.

이어서, 상기와 같이 구성되는 본 발명의 세부 회로도를 통해 작용 및 효과를 자세히 설명하기로 한다.

도 4는 본 발명에 따른 비트 에러율 측정 장치의 실시 회로도로서, 본 회로는 고화질 텔레비전(Advanced TeleVision: 이하, ATV라 함)용 리드 솔로몬 디코더에 적용한 것이다.

ATV에서 채택하고 있는 리드 솔로몬 부호어는 1심볼(symbol)크기가 8비트로 구성되어 있으면서, 167개의 정보 심볼에 20개의 검사 심볼을 첨가하여 단위 코드워드 길이(codeword length)가 207바이트인 블록 코드로서, 에러 정정 능력이 10(-t)이다.

따라서, 심볼 단위로 복호화를 실시하는 리드 솔로몬 디코더에서는 전송도중 발생한 에러 비트수가 단위 코드워드 당 10심볼(즉, 80개 비트)까지는 에러를 정정 할 수 있으나, 11심볼 이상에서 에러가 발생되었으면 에러를 정정할 수 없기 때문에 복원된 데이터는 신뢰할 수 없게 됨을 알 수 있다.

이제, 도 4에 도시된 세부 회로도를 통해 각 구성요소를 살펴보면 다음과 같다.

상기 에러 비트 검사부(31)는 제 1 카운터(31-1)와, 제 1 반전 게이트(31-2), 배타 논리합 게이트(31a~31h), 및 제 1 멀티플렉서(31-3)로 구성되어 있다.

상기 제 1 카운터(31-1)는 외부에서 입력된 리셋신호(RST)에 의해 리셋되고, 인에이블 신호(ENA)에 의해 인에이블 상태가 되며, RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 카운팅한다.

상기 제 1 반전 게이트(31-2)는 심볼 인에이블 신호(SCLK_ENA)를 반전시켜 상기 제 1 카운터(31-1)의 클리어 단자로 제공한다.

상기 배타 논리합 게이트(31a~31h)는 수신된 1심볼의 비트 R_SYM(i)와 에러 정정된 1심볼의 비트 C_SYM(i)를 각각 입력받아 배타 논리합 연산한다.

상기 제 1 멀티플렉서(31-3)는 상기 제 1 카운터(31-1)의 출력을 선택신호로 하여 상기 배타 논리합 게이트(31a~31h)의 출력을 차례대로 선택한다.

여기서, 상기 심볼 인에이블 신호(SCLK_ENA)는 심볼이 입력되는 기간동안 '온'되는 신호이고, 상기 RS클럭(RS_CLK)은 상기 심볼 인에이블 신호(SCLK_ENA)의 온 사이클을 10분주한 클럭 신호이다.

따라서, 상기 제 1 카운터(31-1)는 상기 RS클럭에 따라 0~99까지 카운팅하고 다시 0부터 카운팅하게 되므로, 상기 제 1 멀티플렉서(31-3)의 8번과 9번 입력단자는 그라운드시켜주어서, 상기 제 1 카운터(31-1)의 출력이 80이나 9인 경우 0을 출력하도록 한다.

상기 에러 비트 카운팅부(32)는 제 2 카운터(32-1)와, 제 2 반전 게이트(32-2), 플(32-3), 제 1 논리곱 게이트(32-4), 및 제 2 멀티플렉서(32-5)로 구성되어 있다.

상기 제 2 카운터(32-1)는 외부에서 입력된 리셋신호(RST)에 의해 리셋되며, 상기 RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 동작함과 동시에, 상기 제 1 멀티플렉서(31-3)의 출력신호에 의해 인에이블 상태가 되어서 카운팅한다.

상기 제 2 반전 게이트(32-2)는 외부로부터 입력된 코드워드 시작신호(CW_START)를 반전시켜 상기 제 2 카운터(32-1)의 클리어 단자(cfr)로 제공한다.

상기 플(32-3)은 소정의 0x21 값이 저장되어 있으며, 이 값이 의미하는 것은 발생한 에러의 개수가 에러 정정 개수 t=10을 초과한 경우를 나타내주는 값으로, 11개의 심볼에서 에러가 발생했고, 각각 3 비트씩 에러가 발생했다고 가정한 값 33을 16진법으로 표기한 것이다.

상기 제 1 논리곱 게이트(32-4)는 외부로부터 입력된 복원 실패 신호(UNRCVR_FLAG)와 코드워드 시작신호(CW_START)를 논리곱 연산한다.

상기 제 2 멀티플렉서(32-5)는 상기 제 1 논리곱 게이트(32-4)의 출력신호에 따라 상기 플(32-3)의 값 또는 상기 제 2 카운터(32-1)의 값을 선택하여 출력한다.

여기서, 코드워드 시작신호(CW_START)는 코드 워드의 첫번째 심볼이 입력되는 동안 '하미'되는 신호이며, 복원 실패 신호(UNRCVR_FLAG)는 에러 정정이 실패했을 때 '하미'되는 신호이다.

따라서, 상기 제 2 멀티플렉서(32-5)는 에러 정정이 성공했을 경우에는 제 2 카운터(32-1)의 1코드 워드에서 실제 발생한 에러 비트수를 선택하고, 에러 정정이 실패했을 경우에는 상기 플(32-3)의 미리 정한 수를 선택하여 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)로 출력한다.

상기 에러 비트수 계산부(33-5)는 가산기(33-1)와, 레지스터(33-2), 제 3 반전 게이트(33-3), 및 제 3 논리곱 게이트(33-5)로 구성되어 있다.

상기 가산기(33-1)는 매 코드워드마다 상기 제 2 멀티플렉서(32-5)로부터 출력된 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)와 상기 레지스터(33-2)로부터 출력된 값을 덧셈하여 출력한다.

상기 레지스터(33-2)는 RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 상기 가산기(33-1)의 출력값을 입력받아 다시 상기 가산기(33-1)로 피드 백 출력한다.

상기 제 3 반전 게이트(33-3)는 검사 주기 신호(CHK_PERIOD)를 반전시키고, 상기 제 2 논리곱 게이트(33-

4)는 상기 제 3 반전 게이트(33-3)의 출력과 외부의 리셋신호(RST)를 논리곱연산한다. 상기 제 2 논리곱 게이트(33-4)의 출력은 상기 레지스터의 리셋단자(rst)로 입력되어 소정의 검사 주기마다 레지스터(33-2)를 리셋시킨다.

상기 제 3 논리곱 게이트(33-5)는 평가 시작 신호(EVAL_INIT_FLAG)와 심볼 인에이블 신호(SCLK_ENA)를 논리곱연산하여 상기 레지스터(33-1)의 인에이블 단자(ena)로 제공한다.

여기서, 상기 평가 시작 신호(EVAL_INIT_FLAG)는 에러 평가 진행(evaluation procedure)을 시작을 알리는 신호로서, 상기 레지스터(33-2)를 인에이블 시키는 역할을 하는 것이다.

따라서, 소정의 검사 주기 동안 상기 가산기(33-1)는 매 코드워드에서 발생한 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)와 상기 레지스터(33-2)에 누적된 제2에러 비트수(ERR_NUM2)를 더하여 코드 워드 주기마다 제 2 에러 비트수(ERR_NUM2)를 출력하는 것이다.

여에서, 상기와 같은 회로로 구성된 (207, 187)리드 슬로몬 디코더의 비트 에러를 측정 장치의 구체적인 동작을 살펴보면 다음과 같다.

상기 제 1 카운터(31-1)는 4비트 카운터로서, 매 심볼단위마다 클리어되고, 1심볼이 입력되는 타이밍을 10분주한 RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 0, 1, 2, ..., 7, 8, 9, 0, 1, ... 의 카운팅값을 상기 제 1 멀티플렉서(31-3)의 비트선택신호(SEL_BIT)로 제공한다.

상기 8개의 배타논리합 게이트(31a~31h)에서는 도 2의 선입선출버퍼부(1)로부터 출력된 수신 심볼의 비트 R_SYM[0]~R_SYM[7]과 에러 정정부(9)로부터 출력된 에러 정정된 심볼의 비트 C_SYM[0]~C_SYM[7]를 각각 배타논리합 연산하여 두 비트가 동일하면 0을, 두 비트가 동일하지 않으면 1을 출력하여 상기 제 1 멀티플렉서(33-9)로 입력한다.

상기 제 1 멀티플렉서(31-3)는 상기 8개의 배타논리합 게이트의 출력을 1번~7번 단자로 입력받고, 8번, 9번 단자는 그라운드되어 있으며, 상기 비트선택신호(SEL_BIT)에 따라 차례대로 선택하여 출력한다.

그러면, 상기 제 2 카운터(32-1)는 상기 제 1 멀티플렉서(31-3)의 출력신호가 1일 때 인에이블 상태가 되어서 RS 클럭(RS_CLK)에 의해 동기되어 카운팅한다.

즉, 수신비트 R_SYM[i]와 에러정정된 비트 C_SYM[i]가 서로 다를 때만 카운팅을 하여 발생한 에러 비트수를 측정하는 것이다.

이때, 상기 제 2 카운터(32-1)는 7비트 카운터로, 코드 워드당 에러 측정 가능한 10개심볼의 모든 비트에서 발생가능한 80비트까지 카운팅할 수 있으며, 매 코드워드마다 발생하는 코드워드 시작 신호(CW_START)에 의해 클리어(cir)된다.

상기 제 1 논리곱 게이트(32-4)는 에러정정이 성공했을 경우 '로우'이고, 에러정정이 실패했을 경우 '하이'되는 복원 실패 신호(UNRCVR_FLAG)와 매 코드워드의 첫번째 심볼이 입력되는 동안에만 '하이'되는 코드워드 시작신호(CW_START)를 논리곱연산하여 제 2 멀티플렉서(32-5)의 선택신호로 제공한다.

상기 제 2 멀티플렉서(32-5)는 상기 제 1 논리곱 게이트(32-4)의 출력에 따라 복원된 1코드워드의 정정이 실패되었을 경우에는 상기 돌(35-3)의 0x21을 선택하여 출력하고, 에러 정정이 성공되었을 경우에는 제 2 카운터(35-1)의 값인 1코드워드에서 발생한 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)를 선택하여 출력한다.

상기 가산기(33-1)는 상기 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)와 상기 레지스터(33-2)로부터 출력된 값을 더해서 출력하고, 상기 가산기(33-1)의 출력은 다시 상기 레지스터(33-2)로 피드백 입력된다.

여기서, 상기 레지스터(33-2)는 평가 시작신호(EVAL_INIT_FLAG)와 심볼 인에이블신호(SCLK_ENA)를 논리곱연산한 신호에 의해 코드워드 시작에서만 인에이블 상태가 되어서 상기 RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 동작하고, 소정의 검사주기 진호(예를 들어, 100번째 코드워드마다 1이 되는)에 의해 리셋된다.

따라서, 코드워드 주기마다 상기 가산기(33-1)는 현재 코드워드까지 발생한 총 에러 비트수(ERR_NUM2)를 소정의 검사 주기동안 출력하는 것이다.

상기와 같이 동작을 요약하면, 수신 심볼과 에러 정정된 심볼의 각 비트 별로 비교하여 동일하지 않는 비트를 에러 비트로 카운팅하여 코드워드단위로 에러 비트수(ERR_NUM1)를 측정하고, 에러 정정을 실패한 코드워드에 대해서는 33비트 에러가 발생했 것으로 가정하고, 에러 정정이 성공한 코드워드에 대해서는 실제로 발생한 에러 비트수를 소정의 검사 주기동안 누적하여, 매 코드워드가 시작될 때 마다 지금까지 발생한 에러 비트수를 갱신하여 출력하는 것이다.

지금까지의 실시예는 에러 측정 능력이 10인 리드 슬로몬 코드를 복원하는 디코더의 적용한 비트 에러를 측정 회로에 관한 것이었고, 본 실시예에 사용된 각종 제어 신호의 주기(RS클럭신호, 검사 주기신호등)나 하드웨어(즉, 카운터, 멀티플렉서, 레지스터등)의 용량은 고정적이지 않으며, 리드 슬로몬 부호의 에러 측정 능력 t 에 따라 변할 수 있는 것이다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 비트 에러를 모니터링하는 장치는 비트별로 비교한 뒤, 에러 비트를 카운팅하여 매 코드워드마다 발생한 에러 비트수를 카운터를 이용하여 측정하는 간단한 하드웨어 구조를 갖는 효과가 있는 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

에러 측정 능력이 t 인 리드 슬로몬 코드를 에러 측정 복원하는 리드 슬로몬 디코더에 설치되어, 전송도

중 발생한 에러 비트수를 모니터링하는 데 있어서, 소정의 샘플단위로 수신 비트와 에러 지정된 비트를 비교하여 비트가 동일하면 제 1 레벨 신호를, 두 비트가 동일하지 않으면 제 2 레벨 신호를 출력하는 에러 비트 검사부(31)와; 상기 에러 비트 검사부(31)의 제 2 레벨 신호를 카운팅하여 소정의 코드 워드 단위 동안 발생한 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)를 출력하는 에러 비트 카운팅부(33); 상기 에러 비트 카운팅부(33)의 상기 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)를 입력받아 소정의 검사 주기동안 발생한 제 2 에러 비트수(ERR_NUM2)를 계산하여 출력하는 상기 에러 비트수 계산부(35)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 에러 비트 검사부(31)는 샘플 인에이블 신호(SCLK_ENA)를 반전시키는 제 1 반전 게이트(31-2)와; RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 카운팅하면서, 상기 제 1 반전 게이트(31-2)의 출력에 의해 클리어 되는 제 1 카운터(31-1); 수신된 1심볼의 비트 R_SYM[i]와 에러 지정된 1심볼의 비트 C_SYM[i]를 각각 입력받아 배타논리합 연산하여 두 비트를 비교하여 동일하면 제 1 레벨값을, 동일하지 않으면 제 2 레벨값을 출력하는 배타 논리합 게이트(31a~31h); 및 상기 배타논리합 게이트(31a~31h)의 출력과 연결되고, 나머지 입력은 그라운드로 연결되어 있으면서, 상기 제 1 카운터(31-1)의 출력을 선택신호로 하여 입력을 순서대로 출력하는 제 1 멀티플렉서(31-3)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 샘플 인에이블 신호(SCLK_ENA)는 소정 심볼이 입력되는 기간과 입력되지 않는 기간을 구분하여 일정한 주기로 발생하는 신호인 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 에러 비트 카운팅부(32)는 상기 제 2 레벨값을 카운팅하는 제 2 카운터(32-1)와; 외부로부터 입력된 코드워드 시작신호(CW_START)를 반전시켜 상기 제 2 카운터(32-1)의 클리어 단자(cir)로 제공하는 제 2 반전 게이트(32-2); 발생한 에러의 개수가 에러 지정 개수치를 초과한 경우를 나타내는 값을 저장하는 플(32-3); 외부로부터 입력된 복원 실패 신호(UNRCVR_FLAG)와 코드워드 시작신호(CW_START)를 논리곱 연산하는 제 1 논리곱 게이트(32-4); 및 상기 제 1 논리곱 게이트(32-4)의 출력 신호에 따라 상기 플(32-3)의 값 또는 상기 제 2 카운터(32-1)의 값을 선택하여 출력하는 제 2 멀티플렉서(32-5)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 제 2 카운터(32-1)는 외부에서 입력된 리셋신호(RST)에 의해 리셋되며, 상기 RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 동작함과 동시에, 상기 제 1 멀티플렉서(31-3)의 출력신호에 의해 인에이블 상태가 되어서 제 2 레벨값을 카운팅하는 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 코드워드 시작신호(CW_START)는 매 코드 워드의 시작을 알리는 첫번째 심볼 기간과 나머지 기간을 구분하여 발생하는 신호인 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 7

제 4 항에 있어서, 상기 복원 실패 신호(UNRCVR_FLAG)는 에러 정정이 실패했을 때와 에러 정정이 성공했을 때를 구분하여 발생하는 신호인 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 에러 비트수 계산부(33-5)는 상기 제 1 에러 비트수(ERR_NUM1)와 피드백 입력된 값을 덧셈하여 출력하는 가산기(33-1)와; RS클럭(RS_CLK)에 동기되어 상기 가산기(33-1)의 출력값을 입력받아 다시 상기 가산기(33-1)로 피드백 출력하는 레지스터(33-2); 소정의 검사 주기 신호(CWK_PERIOD)를 반전시키는 제 3 반전 게이트(33-3); 상기 제 3 반전 게이트(33-3)의 출력과 외부의 리셋신호(RST)를 논리곱연산 하는 제 2 논리곱 게이트(33-4); 및 평가 시작 신호(EVAL_INIT_FLAG)와 샘플 인에이블 신호(SCLK_ENA)를 논리곱연산하여 상기 레지스터(33-2)의 인에이블 단자(ena)로 제공하는 제 3 논리곱 게이트(33-5)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 9

제 2 항 또는 제 4 항에 있어서, 상기 RS 클럭(RS_CLK)은 소정 심볼이 입력되는 기간을 에러 정정 능력 t 로 분주한 클럭 신호인 것을 특징으로 하는 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 10

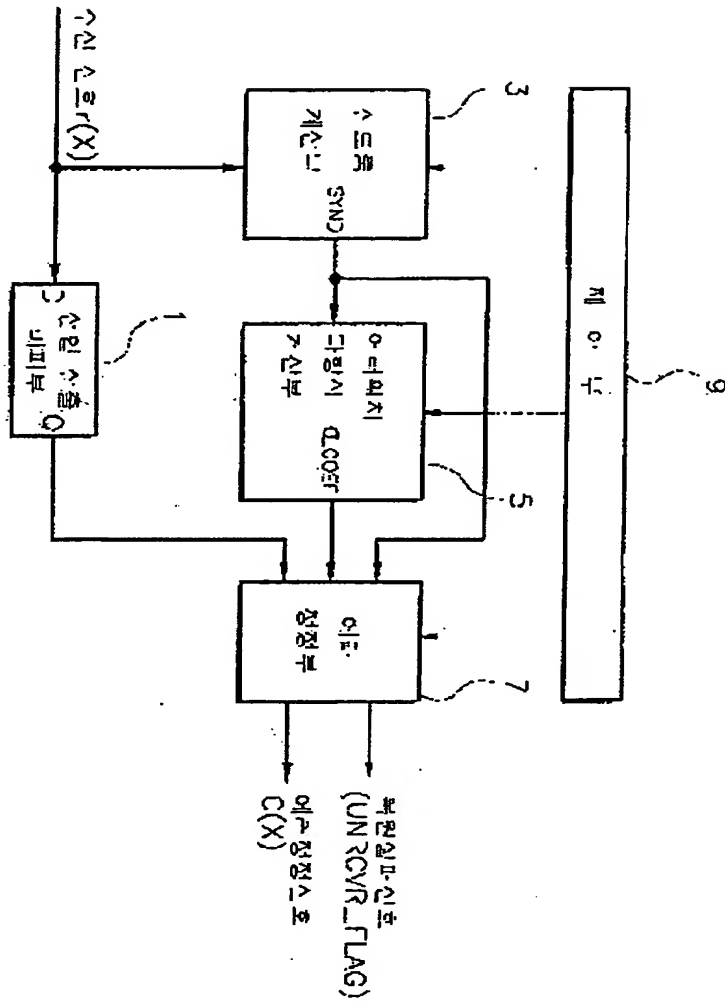
제 4 항 또는 제 8 항에 있어서, 상기 RS 클럭(RS_CLK)은 소정 심볼이 입력되는 기간을 에러 정정 능력 t 로 분주한 클럭 신호인 것을 특징으로 하는 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

청구항 11

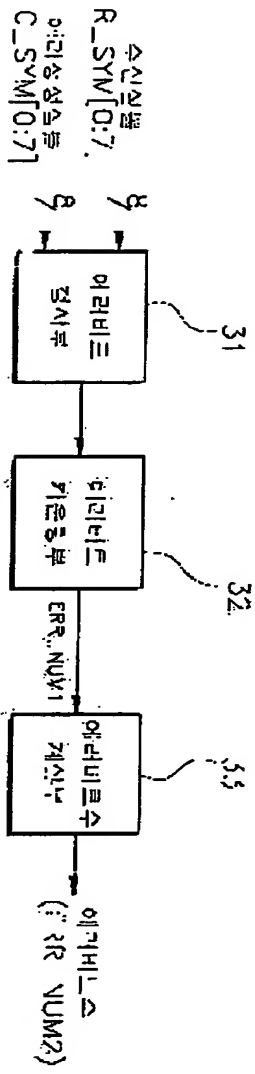
제 8 항에 있어서, 상기 평가 시작 신호(EVAL_INIT_FLAG)는 에러 평가 진행(evaluation procedure)을 시작을 알리는 신호인 것을 특징으로 하는 리드 솔로몬 디코더의 비트 에러를 측정 회로.

도 1

도 1



도 33



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

BEST AVAILABLE COPY